

41 MAR 2003

PCT/DE03/02503

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

REC'D 17 NOV 2003

WIPO PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 48 756.1

**Anmeldetag:** 18. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

**Priorität:** 12.9.2002 DE 102 42 386.5

**IPC:** H 04 M, H 04 Q

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Schoff

18.10.2002

## Beschreibung

Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

- 5 Die Erfindung betrifft ein Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert mit mindestens einer Leiterplatte und mit mindestens einer daran angekoppelten Antenne zum Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern.

19

- Bei Funkkommunikationsgeräten ist es wünschenswert, die Belastungsdosis an elektromagnetischer Strahlung im Körpergewebe eines Benutzers beim Tragen des Funkkommunikationsgerätes am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers möglichst niedrig zu halten. Ein spezifisches Messkriterium dafür, welchen Strahlungsbelastungen der jeweilige Benutzer tatsächlich ausgesetzt ist, ist insbesondere der sogenannte SAR-Wert (Specific Absorption Rate). Dieser gibt die spezifische Absorptionsrate in Watt pro Kilogramm an, mit der ein vorgegebbarer Gewebsvolumenbereich, wie z.B. im Kopf des jeweiligen Benutzers, durch die elektromagnetischen Funkstrahlungsfelder thermisch belastet wird. Zur Bestimmung der SAR-Werte von Funkkommunikationsgeräten als Maß für die thermische Aufheizung eines bestimmten Gewebsvolumenbereichs wird vorzugsweise ein Messverfahren verwendet, wie es detailliert im europäischen Normenvorschlag EN 50361 beschrieben ist.

- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie der SAR-Wert eines Funkkommunikationsgeräts in einfacher Weise gezielt weiter reduziert werden kann. Diese Aufgabe wird bei einem Funkkommunikationsgerät der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturelement zur SAR-
- 35 Wertreduzierung derart an die Leiterplatte angekoppelt und ausgebildet ist, dass die Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage

von elektrischen Strömen auf der Antenne, der Leiterplatte, und dem Korrektur-  
element zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme resul-  
tierenden SAR-Verteilung im Körpergewebe eines Benutzers beim  
5 Tragen des Funkkommunikationsgeräts oder beim Einbringen des  
Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den  
Kopfbereich dieses Benutzers minimal wird.

Es ist also mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges  
10 Korrektur-  
element so an die Leiterplatte angekoppelt und aus-  
gebildet, dass der auf ihm zum Fließen kommende elektrische  
Strom hinsichtlich Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage an die  
elektrischen Ströme auf der Antenne und der Leiterplatte der-  
art angepasst ist, dass insgesamt aufgrund dieser Ströme ein  
15 SAR-Feld mit minimiertem Maximum bewirkt ist. Auf diese Weise  
sind unzulässig hochdosierte „hot spots“, d.h. Gewebsvolumen-  
bereiche höherer thermischer Belastung gegenüber Gewebsvolu-  
menbereichen geringerer Erwärmung beim bestimmungsgemäßen  
Gebrauch des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts, wie z.B.  
20 beim Tragen am Körper oder beim Einbringen zum Sprechen  
und/oder Hören in den Kopfbereich dieses Benutzers, weitge-  
hend vermieden. Mit anderen Worten ausgedrückt kann also der  
für das jeweilige Funkkommunikationsgerät charakteristische  
SAR-Wert weiter abgesenkt werden.

25 Die Erfindung betrifft weiterhin eine Leiterplatte mit min-  
destens einem zusätzlichen, SAR-Wert-reduzierenden Korrektur-  
element für ein erfindungsgemäßes Funkkommunikationsgerät.

30 Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteran-  
sprüchen wiedergegeben.

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend an-  
hand von Zeichnungen näher erläutert.

35

Es zeigen:

Figur 1 schematisch in perspektivischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts, an dessen Leiterplatte zusätzlich ein erstes stromleitfähiges, SAR-Wert-reduzierendes Korrekturalelement angekoppelt ist, in das zur Abstimmung bzw. zum Tunen des dortigen Stromflusses ein zweites stromleitfähiges Korrekturalelement integriert ist,

Figur 2 in schematischer Darstellung die Leiterplatte des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 mit dem ersten angekoppelten, SAR-Wert-reduzierenden Korrekturalelement, in das zur Abstimmung des dortigen Stromflusses ein gegenüber Figur 1 modifiziertes, zweites stromleitfähiges Korrekturalelement integriert ist,

Figur 3 ein vereinfachtes, elektrisches Ersatzschaltbild für das SAR-Wert-reduzierende Korrekturalelement von Figur 2 mit dessen zweitem Korrekturalelement in Bezug auf deren Ankopplung an die Leiterplatte,

Figur 4 schematisch in räumlicher Darstellung ein idealisiertes, weitgehend harmonisiertes SAR-Feld über die Gesamtfläche der Leiterplatte des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 betrachtet, das sich aufgrund des überlagerten Gesamtstromflusses der elektrischen Ströme auf der Leiterplatte, dem daran angekoppelten ersten und zweiten Korrekturalelement, sowie der Antenne insgesamt einstellt und bezüglich seiner Amplitudenwerte kleiner als ohne Korrekturmaßnahme ist,

Figur 5 schematisch in räumlicher Darstellung eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts, bei dem die Mittel zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des elektrischen

Stroms auf dem ersten Korrekturalelement gegenüber den Abstimm-Mitteln des Funkkommunikationsgeräts von Figur 1 modifiziert sind,

- 5    Figur 6    schematisch in räumlicher Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts mit weiteren, alternativen Abstimm-Mitteln für das SAR-Wert-reduzierende Korrekturalement dieses Funkkommunikationsgeräts, und
- 10    Figur 7    in schematischer Darstellung die örtliche Verteilung des für den SAR-Effekt wirksamen elektrischen Summenstromes, der beim Betrieb des Funkkommunikationsgeräts nach Figur 1 entlang der Längserstreckung dessen Leiterplatte ohne und mit erfindungsgemäß abgestimmtem Korrekturalement zum Fließen kommt.

- 20    Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 mit 7 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

- Figur 1 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung beispielhaft ein erstes Funkkommunikationsgerät MP. Von dessen Komponenten sind der zeichnerischen Einfachheit halber lediglich solche dargestellt, die primär Auswirkungen auf den SAR-Effekt (Specific Absorption Rate) des Funkkommunikationsgeräts MP haben. Im Einzelnen ist dies eine Leiterplatte bzw. Leiterplatte LP sowie eine an diese angekoppelte Funkantenne AT1. Beide Komponenten sind zusammen im Inneren eines Gehäuses GH der Dicke H untergebracht, dessen Außenkonturen in der Figur 1 lediglich strichpunktiert angedeutet sind, um einen Blick ins Innere des Funkkommunikationsgeräts MP freizugeben. Auf der Leiterplatte LP sind die üblichen elektrischen Baugruppen zum Senden und/oder Empfangen von Funksignalen wie
- 25    z.B. eine Hochfrequenzbaugruppe, eine Energieversorgungseinheit (wie z.B. eine Batterie oder ein Akkumulator) sowie ein
- 30    oder mehrere weitere elektrische Baugruppen zur Steuerung der
- 35

Ein- und/oder Ausgabeelemente des Funkkommunikationsgeräts (wie z.B. dessen Tastatur, Display, Lautsprecher, usw.) und zur Signalverarbeitung der mittels der Hochfrequenzbaugruppe empfangenen und/oder über diese abzusendenden Funksignale untergebracht. Diese elektrischen Baugruppen sind in der Figur 1 der Übersichtlichkeit halber weggelassen worden. Lediglich ein Teil einer Hochfrequenzbaugruppe HB1 ist im Bereich der oberen Stirnseite SRO der Leiterplatte LP mit eingezeichnet. Diese Hochfrequenzbaugruppe HB1 ist in einem Teilbereich der oberen Hälfte der Leiterplatte LP vorgesehen. An sie ist über einen mechanischen und elektrischen Kontakt COA die Sende-/Empfangsantenne AT1 zur Abstrahlung und/oder zum Empfang elektromagnetischer Funkwellen angeschlossen. Sie erhält von dort elektrische Energie einer Energieversorgungseinheit, die hier in der Figur 1 der Übersichtlichkeit halber ebenfalls weggelassen worden ist. Die Antenne AT1 ist zweckmäßigerweise auf derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP angeordnet, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers von diesem abgewandt ist. Hier im Ausführungsbeispiel von Figur 1 ist die Antenne AT1 auf der Rückseite der Leiterplatte LP angeordnet. Die Antenne AT1 ist vorzugsweise als Planar- bzw. Flachantenne ausgebildet. Für sie kann insbesondere eine sogenannte PIFA-Antenne (Planar Inverted F-Antenne) verwendet sein. Selbstverständlich kann es auch zweckmäßig sein, sonstige übliche Funkantennen, wie z.B. nach außen, aus dem Gehäuse GH abstehende Stummelantennen, an der Leiterplatte LP anzubringen.

Die Antenne AT1 ist im Ausführungsbeispiel von Figur 1 annäherungsweise rechteckförmig ausgebildet. Sie ist mit Hilfe der Kontaktierung COA ausgehend vom oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP in einen Raumbereich hinein positioniert, der von den vier Seitenrändern SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte entlang der Flächennormalen deren Bestückungsfläche eingeschlossen wird. Die gedachte orthogonale Projektion der An-

- tenne AT1 auf die Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP liegt also im wesentlichen innerhalb der durch die Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte LP aufgespannten Begrenzungsfläche. Mit anderen Worten ausgedrückt heißt
- 5 das, dass die Antenne AT1 nicht über die vier Seitenränder der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP hinaus verlängernd absteht. Somit ist die Leiterplattenoberfläche durch die angekoppelte Antenne AT1 weder verlängert noch verbreitert. Die Antenne AT1 liegt also wie eine weitere Schicht
- 10 über und/oder unter der Lageebene der Leiterplatte LP innerhalb des von deren vier Seitenrändern begrenzten Raumbereichs. Durch diese Antennenanordnung lassen sich in vorteilhafter Weise kompakte Geräteabmessungen realisieren.
- 15 Die Leiterplatte LP von Figur 1 weist räumlich betrachtet im wesentlichen eine flach rechteckförmige Quaderform auf, d.h. ihre vier Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU bilden zusammengesetzt die Außenkontur eines Rechtecks. Die Abmessungen der Leiterplatte LP, d.h. deren Länge L und deren Breite B, sind
- 20 vorzugsweise derart dimensioniert, dass die Längserstreckung L der Leiterplatte LP größer als deren Breite B ist. Ihre räumlich geometrischen Verhältnisse sind in der Figur 1 dadurch veranschaulicht, dass dort zusätzlich die Koordinaten X, Y und Z eines kartesischen Koordinatensystems mit einge-
- 25 zeichnet sind. Dabei erstreckt sich die X-Koordinate entlang den Längsseiten SRL, SRR der Leiterplatte LP, während die Y-Richtung parallel zu den Breitseiten SRO, SRU der Leiterplatte LP verläuft. Die Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP liegt somit im wesentlichen in der X,Y-Ebene. Die
- 30 Z-Richtung ist dabei der Höhe bzw. Dicke D der Leiterplatte LP mit ihren verschiedenen Komponenten wie z.B. der Hochfrequenzbaugruppe HB1 sowie sonstigen Auswerte-/Steuerbaugruppen zugeordnet.
- 35 Die Rechtecksform der Leiterplatte eignet sich vorzugsweise zum Einbau in ein flaches, im wesentlichen quaderförmiges Gehäuse wie z.B. GH von Figur 1. Die Leiterplatte LP ist hier

im Ausführungsbeispiel von Figur 1 bezüglich ihrer Abmessungen, d.h. Länge L und Breite B sowie Dicke D, derart dimensioniert, dass sie sich weitgehend passgenau im Gehäuse GH unterbringen lässt. In der Praxis werden die Abmessungen der  
5 Leiterplatte, d.h. deren Länge, Breite sowie Dicke, im wesentlichen durch die jeweilig gewünschte Geometrieform des Gehäuses begrenzt. Je nach Designform des Gehäuses sind die Außenkonturen der Leiterplatte zweckmäßigerweise an die Abmessungen und Geometrieform dieses Gehäuses angepasst gewählt. Die Leiterplatte kann somit auch kreisrunde, ovale oder sonstige Geometrieformen aufweisen.

Bei einer solchen Struktur aus mindestens einer Leiterplatte und mindestens einer daran angeschlossenen Funkantenne kommt  
15 es im Funkbetrieb, d.h. beim Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern, zu einem Stromfluss auf der Leiterplatte. Denn die jeweilige Leiterplatte, wie z.B. LP, wirkt bezogen auf den Stromspeisungspunkt, wie z.B. COA, ihrer stirnseitig angekoppelten Antenne,  
20 wie z.B. AT1, in erster Näherung als eine Art ergänzender zweiter Antennenzweig zur eigentlichen Funkantenne, wie z.B. AT1, so dass insgesamt durch die Leiterplatte und der daran angekoppelten Antenne ein Strahlungsdipol gebildet ist. Die jeweilige Leiterplatte, wie z.B. LP, ist dabei aufgrund ihrer elektrischen Baugruppen, deren elektromagnetische Abschirmgehäuse, Verbindungsleiterbahnen zwischen den elektronischen Komponenten der Baugruppen sowie sonstigen elektronischen Bestückungselementen stromleitfähig.

30 Insbesondere wenn die Sende- und/oder Empfangsantenne AT1 des Funkkommunikationsgeräts MP von Figur 1 als  $\lambda/4$ -Antenne ausgebildet ist, bildet diese zusammen mit der Leiterplatte LP einen Strahlungsdipol. Ist die Funkantenne AT1 auf Senden und/oder Empfangen geschaltet, so wird ein Stromfluss I1 auf  
35 der Leiterplatte LP mit einer Hauptvorzugsrichtung entlang deren Längserstreckung L hervorgerufen. In der Figur 1 ist dieser gerichtete Stromfluss I1 auf der Leiterplatte LP durch



einen Pfeil in X-Richtung charakterisiert. Er repräsentiert dabei den Summenstrom  $I_1(X)$  an jeder Längsortposition  $X$  der Leiterplatte  $LP$ , der daraus resultiert, dass an jeder Längsortposition  $X$  die Teilströme mit Hauptvorzugsrichtung in X-Richtung über die Gesamtquerschnittsbreite  $B$ , d.h. in Y-Richtung, fiktiv aufsummiert bzw. aufintegriert worden sind. Diese längsortsabhängige Verteilung des Summenstroms  $I_1(X)$  ist für die Leiterplatte  $LP$  von Figur 1 in der Figur 7 schematisch anhand eines Stromdiagramms dargestellt. In der Figur 7 ist entlang der Abszisse die X-Richtung aufgetragen, während der Ordinaten der über die Gesamtquerschnittsbreite  $B$  der Leiterplatte  $LP$  aufsummierte Summenstrom  $I_1(X)$  für unterschiedliche Längsortpositionen  $X$  entlang der Längserstreckung der Leiterplatte  $LP$  zugeordnet ist. Mit der örtlichen Verteilung dieses Summenstromflusses stehen zum einen H-und/oder E-Felder, d.h. magnetische und/oder elektrische Felder, korrespondierend in Wechselbeziehung, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper eines Benutzers, insbesondere beim Einbringen des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers eine entsprechende thermische Erwärmung des dortigen organischen Gewebes je nach der örtlichen Verteilung von Maxima und Minima bewirken können. Zum anderen scheint eine weitere Wechselwirkung zwischen dem elektrischen Stromfluss  $I_1(X)$  mit einer Hauptvorzugsrichtung in X-Richtung auf der Leiterplatte  $LP$  und magnetischen und/oder elektrischen Feldstärkefeldern gegeben zu sein, die lokal im Nahbereich der Antenne  $AT1$  bei deren Funkbetrieb entstehen.

Bei der Untersuchung des SAR-Effekts haben umfangreiche Tests mit einer H-Feld- und/oder E-Feld-Messsonde in einem Modellkopf, der mit einer Glukoselösung gefüllt und an den ein Funkkommunikationsgerät mit einer herkömmlichen, konventionellen Leiterplatte entsprechend  $LP$  von Figur 1 angelegt war, gezeigt, dass die thermische Erwärmung der Glukoselösung im Modellkopf örtlich schwankt bzw. variiert, d.h. eine örtliche SAR-Verteilung mit Maxima und Minima vorliegt. Dieses örtlich

variierende SAR-Feld korrespondiert in erster Näherung zu einer entsprechend örtlich unterschiedlichen Verteilung des Summenstroms  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte LP.

- 5 In der Figur 7 ist der Ursprung UR der X-Achse dem oberen Seitenrand SRO, d.h. der oberen Stirnseite, der Leiterplatte LP von Figur 1 zugeordnet, während der untere Seitenrand SRU mit dem Längserstreckungsort  $X = L$  korrespondiert. Im Bereich der elektrischen Kontaktierungsstelle COA zwischen der Antenne AT1 und der Leiterplatte LP an der Längsstelle  $X = 0$  cm fließt der Antenne AT1 der Speisungs- bzw. Fußpunktstrom  $FS \neq 0$  A zu. Bei bevorzugter Verwendung einer  $\lambda/4$ -Antenne kommt in etwa dieser Speisungsstrom oder zumindest ein Anteil davon auch an der Längsstelle  $X = 0$  cm an der oberen Stirnseite der Leiterplatte LP zum Fließen, da die Leiterplatte LP als Antennenergänzungs-  
10 zweig zur  $\lambda/4$ -Antenne wirkt. An der unteren, der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirnseite SRU der Leiterplatte LP ist der Stromfluss in Längsrichtung aufgrund des freien Endes und damit durch die dortige Randbegrenzung unterbrochen, so dass an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden  
15 Stirnseite SRU weitgehend  $I(X=L) = 0$  A gilt.  
20

- Der weitere Verlauf der Summenstromverteilung  $I_1(X)$  zwischen der oberen Stirnseite SRO und der unteren Stirnseite SRU der Leiterplatte LP wird durch eine Vielzahl von elektromagnetischen Ausbreitungs-/Koppelfaktoren beeinflusst. Dazu zählen vorzugsweise die Geometrieform sowie die räumlichen Abmessungen der Leiterplatte LP. Insbesondere deren Länge  $L$  hat bei der jeweilig verwendeten Funkfrequenz Auswirkungen auf die  
30 sich entlang der Leiterplatte ausbreitenden elektromagnetischen Wellen in Form von E- und/oder H-Feldern und somit auf die daraus resultierende Summenstromverteilung  $I_1(X)$ . Im Fall, dass eine  $\lambda/4$ -Antenne verwendet ist und die Länge  $L$  der Leiterplatte im wesentlichen  $\lambda/4$  gewählt ist, bildet die  
35 Leiterplatte LP zusammen mit der  $\lambda/4$ -Antenne einen resonanten Strahlungsdipol. Die Leiterplatte wirkt dabei in erster Näherung als eine Art ergänzende  $\lambda/4$ -Antenne zur Antenne AT1. Auf

diese Weise können sich auf dem Gesamtgebilde der Leiterplatte LP und der daran angekoppelten  $\lambda/4$ -Antenne stehende Wellen des Summenstromes  $I_1(X)$  mit Stromknoten und Strombäuchen ausbilden.

5

Auch bei anderen Koppelverhältnissen der aus Leiterplatte und Antenne gebildeten Koppelstruktur stellt sich in der Praxis eine örtliche Verteilung des Summenstroms  $I_1(X)$  ein, die in X-Richtung, d.h. entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP, nicht konstant ist, sondern schwankt. Ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die örtliche Verteilung des Summenstroms  $I_1(X)$  ist bei Verwendung einer rechteckförmigen Leiterplatte insbesondere deren Länge im Verhältnis zur wirksam werdenden Antennenlänge bei der verwendeten Wellenlänge zum Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern im Funkbetrieb.

Im Nahbereich dieser örtlichen Summenstromverteilung  $I_1(X)$  wird ein entsprechendes, korrespondierendes, elektromagnetisches Feld erzeugt bzw. induziert, das beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts MP im organischen Körpergewebe eines Benutzers eine Erwärmung hervorrufen kann und für die ortsabhängige SAR-Verteilung in erster Linie verantwortlich ist. Unter bestimmungsgemäßem Gebrauch wird dabei zum einen verstanden, dass das jeweilige Funkkommunikationsgerät am Körper eines Benutzers, wie z.B. am Gürtel oder in der Brusttasche einer Jacke, getragen wird und auf Empfang und/oder Sendebetrieb eingestellt ist. So kann beispielsweise der jeweilige Benutzer über ein Headset, d.h. über ein Kabel mit angeschlossenem Mikro-Ohrhörer und Mikrofon, kommunizieren. Zum anderen wird beim bestimmungsgemäßen Gebrauch das jeweilige Funkkommunikationsgerät in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers zum Sprechen und/oder Hören eingebracht und dort zwischen Ohr und Mund an die Backe des Benutzers angelegt. Der im Nahbereich des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts wirksam werdende SAR-Effekt ist dabei insbesondere derjenige Ortsbereich, der unterhalb des Abstandes  $2D^2/\lambda$

liegt ( $\lambda$  ist die Wellenlänge;  $D$  ist die Gerätelänge). Beispielsweise arbeitet ein GSM-Funknetz (Global System for Mobile Communications) in einem Frequenzbereich zwischen 880 und 960 MHz (Mittenfrequenz 900 MHz), was einer Betriebswellenlänge  $\lambda$  von ungefähr 35 cm entspricht. Dadurch ist bei einem GSM-Funksystem durch die örtliche Stromverteilung auf der Leiterplatte mit einer Eindringtiefe des elektromagnetischen Nahfeldes von ungefähr 1,7 cm zu rechnen. Im PCN-Netz (Private Commercial Network) (E-Netz) mit einem Frequenzband zwischen 1710 und 1880 MHz liegt die Wellenlänge ungefähr bei 17 cm, so dass das sich aufgrund der örtlichen Stromverteilung der Leiterplatte ergebende elektromagnetische Nahfeld eine Eindringtiefe von ungefähr 1,0 cm aufweist. In einem UMTS-Funkkommunikationssystem mit einem Frequenzübertragungsbereich zwischen 1920 und 2170 MHz beträgt die Wellenlänge  $\lambda$  ungefähr 15 cm, so dass die Eindringtiefe des elektromagnetischen Nahfeldes aufgrund der örtlichen Summenstromverteilung auf der Hauptplatte ungefähr 0,8 bis 1 cm erreicht. Je geringer dabei die örtliche Eindringtiefe in das Gewebe eines Benutzers ist, desto höher kann bei gleicher angenommener Sendeleistung der Antenne der gemessene SAR-Wert werden. Denn pro vorgegebenem Gewebsvolumen wird ja eine höhere elektromagnetische Felddichte, damit ein größerer zum Fließen kommander Strom und somit eine höhere Feldkonzentration hervorgerufen.

Um nun den SAR-Wert des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts in kontrollierter Weise reduziert einstellen zu können, ist mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturalelement zur SAR-Wert-Reduzierung an die Leiterplatte dieses Funkkommunikationsgeräts angekoppelt. Es ist dabei derart an die Leiterplatte angekoppelt und derart ausgebildet, dass die Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage von elektrischen Strömen auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrekturalelement zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme resultierenden SAR-Verteilung im Körpergewebe eines Benutzers beim bestimmungs-

gemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts minimal wird. Mit anderen Worten heißt das, dass die Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrektorelement gezielt derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Betrag des sich ursprünglich einstellenden, absoluten Maximums (oder der etwaigen Maxima) in der örtlichen SAR-Feldverteilung der aufgrund dieser Ströme wirksam werdenden elektromagnetischen Felder am kleinsten wird. Dadurch sind unzulässig hochdosierte „Hot Spots“, d.h. lokale Gewebsvolumenbereiche höherer thermischer Belastung gegenüber Gewebsvolumenbereichen geringerer Erwärmung, beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts weitgehend vermieden. Denn durch das Absenken der SAR-Wert- Spitzenwerte wird eine Art Homogenisierung der resultierenden SAR-Verteilung erreicht, die aufgrund der elektrischen Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrektorelement resultiert.

Verschiedene Arten von ersten Korrektorelementen sind detailliert in der älteren Patentanmeldung mit dem Anmeldeaktenzeichen DE 101 10 982.2 angegeben.

In der Figur 1 ist ein erstes, stromleitfähiges Korrektorelement über der vorderen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP eingezeichnet. Es ist mit dem Bezugszeichen CE1 versehen. Es ist mit Höhenabstand HA zur Leiterplatte LP sowie im wesentlichen parallel zu deren Bestückungsfläche angeordnet. Das zusätzliche Korrektorelement CE1 ist dabei vorzugsweise derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte LP zugeordnet, die beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich des jeweiligen Benutzers diesem zugewandt ist, um den SAR-Effekt in Richtung auf den jeweiligen Benutzer möglichst zu reduzieren. Dabei ist es zweckmäßig, wie hier im Ausführungsbeispiel von Figur 1 die Antenne AT1 auf der dem Korrektorelement CE1 gegenüberliegenden Bestückungsseite der Leiterplatte LP (Rückseite in der Figur 1) anzuordnen.

Die Geometrieform des Korrekturelements CE1 von Figur 1 folgt im wesentlichen der rechteckförmigen Außenkontur der Leiterplatte LP nach. Das Korrekturelement ist also als rechteckförmiger Ring ausgebildet und bildet in der X,Y-Ebene betrachtet eine Art rundum geschlossene Schleife, die sich im wesentlichen lediglich entlang der Seitenränder SRL, SRO, SRR, SRU der Leiterplatte LP erstreckt, aber orthogonal (d.h. in Z-Richtung) bezüglich ihrer in der X,Y-Ebene fiktiv eingeschlossenen Innenfläche offen bzw. frei durchgängig ist. Dabei ist das Korrekturelement CE1 relativ zur Leiterplatte LP derart positioniert, dass die Außenberandung seiner Teilabschnitte im wesentlichen kongruent zur Außenkontur der rechteckförmigen Leiterplatte als eine weitere Schicht liegt. Das schleifenförmige Korrekturelement CE1 bildet von seiner Grund-Geometrieform her eine rechteckförmige Ringform passend zur rechteckförmigen Geometrieform der Leiterplatte LP. Es kann beispielsweise durch ein oder mehrere Drähte, eine ein- oder mehrlagige streifenförmige Folie oder durch ein sonstiges linienartiges oder flächiges Element gebildet sein. Ein solches Element kann z.B. auch eine Metallisierung sein, die durch Aufdampfen oder Galvanisieren an die Innenfläche des Gehäuses angebracht worden ist. Für das jeweilige Korrekturelement wie z.B. CE1 ist vorzugsweise ein elektrisch leitfähiges Material, ggf. auch ein dielektrisches und/oder magnetisch leitfähiges Material verwendet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel von Figur 1 weist das Korrekturelement CE1 im einzelnen im Bereich entlang der beiden Längsränder SRL, SRR der Leiterplatte LP linienförmige Teilabschnitte und im Bereich der oberen und unteren Stirnseiten der Leiterplatte LP rechteckförmige Streifenabschnitte auf.

Allgemein ausgedrückt ist es zweckmäßig, das zusätzliche Korrekturelement derart zu positionieren, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte im wesentlichen innerhalb einer durch deren Seitenränder aufgespannten Begrenzungsfläche liegt. Da-

durch kommt das zusätzliche Korrekturalelement in einer zweiten Schichtebene zur ersten Schichtebene der Leiterplatte LP zu liegen, wodurch ein kompakter Aufbau des Funkkommunikationsgeräts erreicht wird. Die ursprünglichen Längs- und Breitenabmessungen der Leiterplatte LP bleiben somit weitgehend erhalten.

Das erste Korrekturalelement CE1 ist im Bereich der oberen Stirnseite SRO der Leiterplatte LP an die Masse der Leiterplatte LP galvanisch angeschlossen, was durch ein Erdungssymbol ERD angedeutet ist. Alternativ dazu kann es auch zweckmäßig sein, das erste Korrekturalelement CE1 an die Leiterplatte LP kapazitiv oder induktiv anzukoppeln, d.h. die galvanische Verbindung ERD wegzulassen. Durch die elektrische Ankopplung des Korrekturalelements CE1 an die Leiterplatte LP kommt in der Schleifenstruktur des Korrekturalelements CE1 ein elektrischer Strom  $I_2(X)$  zu fließen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die geometrischen Verhältnisse der Leiterplatte LP in Form eines langgestreckten Rechtecks so gewählt, dass die größte Stromamplitude bzw. Stromdichte des Summenstroms  $I_1(X)$  ohne der Verwendung des Korrekturalelements CE1 beispielsweise etwa im Zentrum der Leiterplatte LP, d.h. also im Bereich des Schnittpunkts deren Flächendiagonalen, liegt, während die Stromdichte zu den beiden Stirn- bzw. Breitseiten SRO, SRU hin abnimmt. In der Figur 7 ist das absolute Maximum des Summenstroms  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte am Längsort XM1 mit IM1 bezeichnet. Da nun das zusätzliche Korrekturalelement stromleitfähige Bahnen dort aufweist, wo die örtliche Stromverteilung des Summenstroms  $I_1(X)$  der Leiterplatte LP kleiner als IM1 ist, kann dort der Gesamtstrompegel angehoben werden und somit insgesamt betrachtet eine Vergleichmäßigung des insgesamt resultierenden Gesamtstromfeldes erreicht werden (=Kompensationseffekt).

35

Aufgrund der vielfältigen elektromagnetischen Koppelmechanismen, wie z.B. unterschiedliche Geometrieformen und/oder Ab-

messungen von Leiterplatine, Antenne, und/oder erstem Korrektur-  
element, kann es in der Praxis kritisch sein, bereits al-  
lein mit dem ersten Korrekturlement die Phasenlage und/oder  
die Amplitudenhöhe der elektrischen Ströme auf der Antenne,  
5 der Leiterplatte, und dem Korrekturlement zueinander so ein-  
zustellen, dass die sich ergebende, resultierende SAR-  
Verteilung zufriedenstellend reduziert ist.

Um eine verbesserte Einwirkungsmöglichkeit auf den resultie-  
renden, überlagerten, für den SAR-Effekt wirksamen Gesamt-  
stromfluss auf der Leiterplatte, dem Korrekturlement, und  
der Antenne bereitstellen zu können, ist es zweckmäßig, zu-  
sätzliche Abstimm-Mittel zum Abstimmen der Phasenlage  
und/oder der Amplitudenhöhe des elektrischen Stroms auf dem  
15 ersten Korrekturlement und/oder der Leiterplatte vorzusehen.

In der Figur 1 steht mit dem ersten Korrekturlement CE1 ein  
zweites, stromleitfähiges Korrekturlement TE1 als Abstimm-  
Mittel zur Abstimmung des Stromflusses auf dem ersten Korrektur-  
20 turelement in Wirkverbindung. Es ist integraler Bestandteil  
des ersten Korrekturlements, da es in Form einer mäanderförmigen  
Schleifenstruktur in die rechteckförmige, im Inneren  
offene Grundschleife des ersten Korrekturlements CE1 einge-  
fügt und somit mit diesem galvanisch verbunden ist. Durch die  
zusätzlichen Mäanderschleifen des zweiten Korrekturlements  
lässt sich der Stromlaufweg in der miteinander verkoppelten  
Gesamtstruktur von erstem und zweitem Korrekturlement in  
vorteilhafter Weise derart verändern, dass dort ein elektri-  
scher Stromfluss  $I_2(X)$  bewirkt ist, der weitgehend gegenpha-  
30 sig zum Stromfluss  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte LP verläuft.

In der Figur 7 ist im Summenstromdiagramm  $I(X)$  der örtliche  
Verlauf eines Summenstroms  $I_2^*(X)$  mit eingezeichnet, der ins-  
gesamt auf dem ersten Korrekturlement CE1 ohne die Ankopp-  
35 lung des zweiten Korrekturlements TE1 zum Fließen kommen  
könnte. In erster Näherung verläuft dieser Summenstrom  $I_2^*(X)$   
gleichphasig zum Summenstrom  $I_1(X)$  auf der Leiterplatine LP.



- Er weist an der Längsortstelle  $XM2^*$  ein Strompegelmaximum auf, das unterhalb der Strompegelverteilung des Summenstroms  $I1(X)$  liegt und gegenüber der Längsortstelle  $XM1$  des Strompegelmaximums  $IM1$  des Summenstroms  $I1(X)$  längsortversetzt ist.
- 5 Durch Überlagerung dieser beiden elektrischen Summenstromverläufe ergibt sich ein Gesamtstromverlauf  $RSV^*(X)$ , der oberhalb des ursprünglichen Summenstromverlaufs  $I1(X)$  der Leiterplatte  $LP$  liegt. Mit anderen Worten heißt das, dass die Superposition der Summenstromverläufe  $I1(X)$ ,  $I2^*(X)$  ohne das
- 10 zweite zusätzliche Korrekturlement als Abstimm-Mittel zur Ausbildung eines betragsmäßig noch größeren lokalen Strompegelmaximums führen würde, so dass in unerwünschter Weise ein erhöhter SAR-Effekt resultieren würde.
- 15 Erst mit Hilfe des zweiten, stromleitfähigen Korrekturlements  $TE1$  kann aufgrund dessen zusätzlichen Mäanderschleifen die Stromlauflänge bzw. Strompfadlänge des ersten Korrekturlements  $CE1$  derart verbessert eingestellt werden, dass auf dem Gesamtgebilde der beiden, durchgängig miteinander verbundenen
- 20 Korrekturlemente  $CE1$ ,  $TE1$  ein gegenphasiger Stromfluss  $I2(X)$  zum Stromfluss  $I1(X)$  bewirkt ist. Dieser gegenphasige Stromfluss  $I2(X)$  ist in der Figur 7 im vierten Quadranten mit negativen Strompegelwerten  $I(X)$  zusätzlich zu den positiven Stromwerten  $I(X)$  des Summenstroms  $I1(X)$  im ersten Quadranten
- 25 eingezeichnet. Der gegenphasige Gesamtstrom  $I2(X)$  auf den beiden miteinander verbundenen Korrekturlementen  $CE1$ ,  $TE1$  verläuft also in Gegenrichtung zum Summenstrom  $I1(X)$  auf der Leiterplatte  $LP$ . Er weist in etwa dort ein Maximum  $NIM1$  auf, wo auch der Summenstrom  $I1(X)$  der Leiterplatte  $LP$  ein absolutes Maximum  $IM1$  hat. Aufgrund dieses gegenläufigen, komplementären Strompegelverlaufs  $I2(X)$  auf den beiden miteinander verkoppelten Korrekturlementen  $CE1$ ,  $TE1$  ergibt sich ein maximaler Kompensationseffekt für das Maximum des Summenstrompegels  $I1(X)$  der Leiterplatte  $LP$ . Insgesamt ergibt sich somit
- 30 durch Superposition der örtlichen Verteilung des Summenstroms  $I1(X)$  der Leiterplatte  $LP$  und des korrigierenden Gesamtstroms  $I2(X)$  auf dem ersten und zweiten Korrekturlement ein überla-

gerter Gesamtstromfluss  $RSV(X)$ , der nur noch ein gegenüber dem ursprünglichen Strompegelverlauf  $I1(X)$  reduziertes, abgeflachtes Strompegelmaximum  $IM1^*$  aufweist. Die örtliche Verteilung des überlagerten Gesamtstromflusses  $RSV(X)$  ist somit  
5 weitgehend homogenisiert, d.h. sie verläuft in erster Näherung mit einem konstanten Pegel. Zumindest sind unzulässig hohe Strompegelspitzen weitgehend vermieden. Mit einem derart vergleichmäßigten resultierenden Strompegelverlauf des Superpositionsstroms aus dem Summenstrom  $I1(X)$  der Leiterplatte LP und dem Korrekturstrom  $I2(X)$  des ersten und zweiten Korrektur-  
10 rekturelements  $CE1$ ,  $TE1$  geht ein in erster Näherung konstantes SAR-Feld über die Gesamtfläche  $L \cdot B$  der Leiterplatte LP betrachtet einher. Figur 4 zeigt eine derart idealisierte SAR-Verteilung  $S(X,Y)$  über die Gesamtfläche  $L \cdot B$  der Leiter-  
15 platte LP betrachtet.

Durch eine entsprechende Einstellung der Anzahl und/oder der Länge der Mäander des zweiten Korrekturlements  $TE1$  kann der insgesamt in den beiden Korrekturlementen  $CE1$ ,  $TE1$  zum Flie-  
20 ßen kommende Korrekturstrom  $I2(X)$  auf unterschiedliche örtliche Verläufe des Summenstroms  $I1(X)$  der Leiterplatte LP abgestimmt bzw. angepasst werden. Insbesondere kann zum einen der Grad der Gegenphasigkeit des Korrekturstroms  $I2(X)$  als auch die Amplitudenhöhe des absoluten Maximums dieses Korrekturstroms  $I2(X)$  eingestellt werden. Durch die Einstellung der Phasenlage und/oder Amplitude des Korrekturstroms  $I2(X)$  kann insbesondere die Lage des Maximums  $IM1$  des Summenstroms  $I1(X)$  der Leiterplatte LP verschoben werden, was in der Figur 7  
30 durch einen Verschiebepfeil  $VV$  entlang der X-Richtung angedeutet ist. Die Verschiebung wird zweckmäßigerweise derart vorgenommen, dass sich die SAR-Verteilung möglichst homogenisiert. Eine solche Verschiebung des absoluten Maximums des Summenstroms auf der Leiterplatte in unkritischere Gerätebereiche, wie z.B. zur unteren Stirnseite SRU hin, kann ggf.  
35 auch bereits zu einer Verbesserung des gemessenen SAR-Werts führen.

Das zweite Korrekturlement TE1 ist in der Figur 1 bezüglich der in X-Richtung durch die Mitte der Breitseiten SRO, SRU verlaufenden Mittenlinie MI der Leiterplatte LP weitgehend achssymmetrisch in das erste Korrekturlement CE1 eingefügt,  
5 so dass sich insgesamt eine symmetrische Struktur bezüglich der Mittenlinie MI für die Gesamtkombination bzw. für das Gesamtgebilde aus erstem und zweitem Korrekturlement ergibt.

Gegebenenfalls kann auch eine Koppelstruktur von Leiterplatte, Antenne und/oder Korrekturlement zweckmäßig sein, bei  
10 der das Korrekturlement in seiner gedachten orthogonalen Projektion bezüglich der Leiterplattenfläche über deren Seitenbegrenzungen hinausragt.

Zweckmäßigerweise ist das jeweilige zweite Korrekturlement wie z.B. TE1 derart dimensioniert, dass die von ihm fiktiv eingeschlossene Bestückungsfläche der Leiterplatte höchstens dem 0,2 bis 0,5 -fachen des vom ersten Korrekturlement wie z.B. CE1 fiktiv eingefassten Teils der Leiterplattenfläche  
20 wie z.B.  $L \cdot B$  entspricht.

In der Praxis ist es dabei ferner zweckmäßig, das erste und/oder zweite Korrekturlement im Höhenabstand zwischen 0,1 und 0,6 cm von der Bestückungsfläche der Leiterplatte ent-  
25 fernt anzuordnen.

Figur 2 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die Leiterplatte LP von Figur 1 mit einer angekoppelten Korrekturlementstruktur, die sich aus dem ersten Korrekturlement CE1 und einem gegenüber Figur 1 modifizierten zweiten Korrektur-  
30 element TE2 zusammensetzt. Dieses zweite Korrekturlement TE2 ist durch streifenförmige Stromleitelemente, sogenannte „Patches“, gebildet. Diese streifenförmigen, flächigen Stromleitelemente TE2 verlaufen im wesentlichen orthogonal zur Längs-  
35 erstreckung L des ersten Korrekturlements CE1 in derselben Lageebene. Zum Abstimmen bzw. Tunen des Korrekturstroms  $I_2(X)$ , der durch diese verkoppelte Struktur aus erstem und

zweitem Korrekturlement CE1, TE2, fließt, können ein oder mehrere Streifenelemente vorgesehen sein. Die Anzahl dieser Streifenelemente, deren Querabstand in Längsrichtung voneinander, und deren Streifenflächenabmessungen werden in vorteilhafter Weise derart gewählt, dass der Korrekturstrom  $I_2(X)$  im wesentlichen gegenphasig zum Summenstrom  $I_1(X)$  der Leiterplatte LP verläuft. In der Figur 2 sind jeweils zwei, in einem vorgebbaren Längsabstand aufeinanderfolgende Streifenelemente (=Streifenelementpaar) achssymmetrisch bezüglich der Mittenlinie MI der Leiterplatte LP an das erste Korrekturlement CE1 angekoppelt, und zwar so, dass die Streifenelemente in das Innere der von den Seitenrändern der Leiterplatte LP umrahmten Fläche zeigen. Durch diese parallele Ankopplung der streifenförmigen Elemente des zweiten Korrekturlements TE2 an das erste Korrekturlement CE1 wird eine zusätzliche kapazitive Last bezogen auf die Leiterplatte LP bereitgestellt. Durch entsprechende Wahl der zusätzlichen kapazitiven Last lässt sich somit ebenfalls insgesamt ein überlagerter Gesamtstromfluss  $RSV(X)$  einstellen, der weitgehend vergleichmäßig ist (siehe Figur 7). Figur 3 zeigt vereinfacht diese parallele Ankopplung einer zusätzlichen kapazitiven Last CAP2 durch das zweite Korrekturlement TE2 zusätzlich zur kapazitiven Last CAP1, die zwischen dem ersten Korrekturlement CE1 und der Leiterplatte LP gebildet ist.

In den Figuren 1 und 2 sind die Mäanderschleifen bzw. Streifenelemente des zweiten Korrekturlements TE1 bzw. TE2 jeweils in die rechteckförmige Grundschleife des ersten Korrekturlements CE1 hineinintegriert, d.h. galvanisch mit dem ersten Korrekturlement verbunden. Zusätzlich oder unabhängig hiervon kann es gegebenenfalls auch ausreichend sein, das erste und das zweite Korrekturlement kapazitiv oder induktiv miteinander zu verkoppeln.

Figur 5 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die Koppelstruktur zwischen der Leiterplatte LP und dem ersten Korrekturlement CE1 von Figur 1, wobei jetzt ein zweites Kor-

rekturelement TE3 separat vom ersten Korrekturalelement und separat von der Leiterplatte LP als Abstimm-Mittel vorgesehen ist. Dieses zweite Korrekturalelement TE3 ist dabei beispielhaft durch ein ESD-Schutzelement (ESD = Electrostatic Discharge), insbesondere durch ein metallisches Display (Anzeige) - Fenster, gebildet. Der Ausschnitt für das Display des Funkkommunikationsgeräts MP ist in der Figur 5 mit LDP bezeichnet. Das zweite Korrekturalelement TE3 ist im wesentlichen im Bereich der Mittenlinie MI in der oberen Hälfte der Leiterplatte LP derart positioniert, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezogen auf die Bestückungsfläche der Leiterplatte LP in der X,Y-Ebene im Inneren der Umrahmungsfläche, die durch die Seitenränder der Leiterplatte LP eingefasst ist, zu liegen kommt. Dieses ESD-Schutzelement ist flächig ausgebildet und liegt in einer zur Bestückungsfläche der Leiterplatte LP parallelen Schichtebene in einem vorgegebenen Höhenabstand. Zweckmäßigerweise sind das erste Korrekturalelement CE1 und das zweite Korrekturalelement TE3 etwa in derselben Lageebene positioniert. Ggf. kann es auch zweckmäßig sein, dass zweite Korrekturalelement TE3 in einer Lageebene anzuordnen, die von der Lageebene des ersten Korrekturalelements CE1 verschieden ist. Das zweite Korrekturalelement TE3 ist kapazitiv und/oder induktiv an das erste Korrekturalelement CE1 und/oder an die Leiterplatte LP angekoppelt. Insbesondere durch Anpassung des Höhenabstands zur Bestückungsebene der Leiterplatte LP sowie der Geometrieform der stromleitfähigen ESD-Schutzelementfläche und/oder der Ausschnittsfläche des Displayfensters LTP des zweiten Korrekturalelements TE3 lässt sich der Korrekturstrom  $I_2(X)$  im ersten Korrekturalelement CE1 zusammen mit dem Stromfluss  $I_4$  auf dem zweiten Korrekturalelement TE3 derart tunen bzw. abstimmen, dass insgesamt ein überlagerter Gesamtstrom  $RSV(X)$  zusammengesetzt aus dem Korrekturstrom  $I_2(X)$ , dem Korrekturstrom  $I_4$ , und dem Leiterplattenstrom  $I_1(X)$  resultiert, der über die Längserstreckung der Leiterplatte LP betrachtet weitgehend vergleichmäßig bzw. homogenisiert ist. Zu diesem Zweck wird der Korrekturstrom  $I_2(X)$  und ggf. der Korrekturstrom  $I_4$  mit Hilfe des

zweiten Korrekturlements TE3 vorzugsweise derart abgestimmt, dass diese in Summe weitgehend gegenphasig zum Summenstrom  $I_1(X)$  der Leiterplatte LP verlaufen (siehe Figur 7).

- 5 Gegebenenfalls kann es auch ausreichend sein, dass mit Hilfe des mindestens zweiten Korrekturlements der elektrische Strom im ersten Korrekturlement derart abgestimmt wird, dass dieser zwar nicht gegenphasig zum Leiterplattenstrom  $I_1(X)$  verläuft, aber an denjenigen Längsortstellen in X-Richtung  
10 betrachtet eine Anhebung des Gesamtstrompegels bewirkt, an denen der ursprüngliche Leiterplattenstrompegel  $I_1(X)$  kleiner als  $IM_1$  ist. Auch dadurch lässt sich in gewissem Umfang bereits eine Vergleichmäßigung des Gesamtstrompegels erreichen und somit eine Homogenisierung der SAR-Verteilung erzielen.  
15 len.

- Figur 6 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die aus der Leiterplatte LP und der Antenne AT1 gebildete Koppelstruktur für das Funkkommunikationsgerät MP von der Rückseite, d.h. von der antennenseitigen Bestückungsfläche, her betrachtet. Im Unterschied zu Figur 1 ist jetzt ein erstes Korrekturlement CE4 durch eine in der X,Y - Ebene (Lageebene der Leiterplatte LP) offene Rechtecksschleife gebildet, d.h. das erste Korrekturlement CE4 weist Streifenelemente lediglich im Randzonenbereich entlang der Ränder der Längsseiten SRL, SRR, sowie entlang dem oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP auf, während der linienförmige Teilabschnitt des Korrekturlements CE1 von Figur 1 im Bereich des unteren Seitenrands SRU der Leiterplatte LP weggelassen worden ist. Das  
20 erste Korrekturlement CE4 weist somit im wesentlichen die Geometrieform eines rechteckförmigen U's auf, d.h. es ist U-profilförmig ausgebildet. Es ist auf derjenigen Bestückungsseite der Leiterplatte angeordnet, die der Antennenankopplung für die Antenne AT1 abgewandt ist. Seine drei verschiedenen, jeweils streifenförmigen Teilabschnitte liegen in etwa  
30 in derselben Lageebene parallel zur Bestückungsfläche der Leiterplatte LP sowie mit Höhenabstand HA zu dieser. Im Ein-  
35

zeln erstreckt sich ein streifen- bzw. linienförmiges Seitenteil des ersten Korrekturlements CE4 entlang dem linken Seitenrand SRL, entsprechend dazu achssymmetrisch bezogen auf die Mittenlinie MI ein zweites, streifenförmiges Seitenteil  
5 entlang dem rechten Seitenrand der Leiterplatte LP, sowie ein dritter analog ausgebildeter Teilabschnitt entlang dem oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP. Dieses erste Korrekturlement CE4 ist bezüglich seiner Außenkontur vorzugsweise im wesentlichen kongruent zu den beiden Längsseitenrändern SRL,  
10 SRR sowie zum oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP in einer Schichtebene mit Höhenabstand HA positioniert.

Allgemein betrachtet ist es zweckmäßig, das erste Korrekturlement CE4 in einer zur Leiterplatte LP parallelen Schichtebene derart zu positionieren, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP im wesentlichen innerhalb einer durch deren Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU aufgespannten Begrenzungsfläche liegt. Beispielsweise kann das erste Korrekturlement CE4  
20 bezüglich seiner Breite und Länge so verkürzt sein, dass es nur einen Teil der Zentralzone der Bestückungsfläche der Leiterplatte LP fiktiv umrahmt.

An das erste Korrekturlement CE4 von Figur 6 ist ein zweites  
25 Korrekturlement TE4 im Bereich des rechten Seitenrands SRR der Leiterplatte LP angekoppelt, das sich im wesentlichen quer, insbesondere in Y-Richtung, d.h. orthogonal, zur Längserstreckung der Leiterplatte LP als streifenförmiges Flächenelement erstreckt. Es ist galvanisch mit dem ersten Korrekturlement CE4 verbunden. Es dient als Einzelement der Abstimmung des Korrekturstroms  $I_2(X)$ , der im ersten Korrekturlement CE4 mit dem daran angekoppelten zweiten Korrekturlement TE4 zum Fließen kommt, dahingehend, dass insgesamt ein überlagerter Gesamtstromfluss aus dem elektrischen Strom  
30  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte LP, dem Korrekturstrom  $I_2(X)$  auf der Korrekturlementstruktur CE4 und TE4, sowie dem elektrischen Strom  $I_3$  auf der Antenne AT1 weitgehend vergleichmäßig

bzw. homogenisiert ist, so dass unzulässig hohe absolute Maxima im Gesamtstrompegel weitgehend vermieden sind.

Zusätzlich oder unabhängig vom zweiten Korrektur-  
5 element kann es gegebenenfalls auch zweckmäßig sein, ein Korrektur-  
element zur Anpassung des Stroms  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte  
LP selbst zusätzlich zum ersten Korrektur-  
element CE4 vorzusehen. In der Figur 6 ist an der Leiterplatte LP ein drittes  
zusätzliches, stromleitfähiges Korrektur-  
10 element ZV6 als Abstimm-Mittel derart angekoppelt und ausgebildet, dass die  
Phasenlage und/oder die Amplitudenhöhe des elektrischen Sum-  
menstroms  $I_1(X)$  auf der Leiterplatte LP ebenfalls abgestimmt  
bzw. getunt werden können. Ein solches Abstimm-Mittel für den  
Leiterplattenstrom kann insbesondere durch eine virtuelle  
15 Masseverlängerung der Leiterplatte LP gebildet sein. Ver-  
schiedene Möglichkeiten von virtuellen Stromwegverlängerungen  
sind in der älteren Patentanmeldung mit dem Anmeldeaktenzei-  
chen DE 10204877.0 detailliert angegeben. In der Figur 6 ist  
ein Teilbereich der Massefläche der Leiterplatte selbst der-  
20 art ausgestaltet, dass ein zusätzliches verlängerndes Element  
ZV6 zur virtuellen Masseverlängerung entsteht. Das Korrektur-  
element ZV6 ist dabei integraler Bestandteil der Massefläche  
der Leiterplatte LP mit ursprünglich rechteckförmiger Außen-  
kontur. Dabei ist ein Teilbereich der Massefläche der Leiter-  
platte LP an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirn-  
seite SRU derart getrennt von dieser in derselben Lageebene  
ausgeführt, dass er wie eine Verlängerung des Stromweges aus-  
gehend vom Antennenspeisungspunkt COA in Richtung auf die un-  
tere Stirnseite SRU der Leiterplatte LP wirkt. Das Korrektur-  
30 element ZV6 weist eine Mäanderform durch seriell aufeinander-  
folgende 90° Abknickungen bzw. rechteckförmige Zick-Zack-  
Biegungen von Stegabschnitten auf. Dieses mäanderförmige Kor-  
rektur-  
element ZV6 kann insbesondere durch Ausstanzen oder He-  
rausschneiden aus der ursprünglich rechteckförmigen Leiter-  
35 platine LP von Figur 1 hergestellt sein. Das Korrektur-  
element ZV6 ist vorzugsweise in einem Eckbereich der unteren Plati-  
nenstirnseite SRU vorgesehen, der schräg, insbesondere diago-



- nal, versetzt zur Antennenankopplung im Eckbereich der oberen, gegenüberliegenden Stirnseite SRO angeordnet ist. Denn durch diesen weitgehend diagonalen Laufweg zwischen der Antenne AT1 und dem freien Ende FE des Korrekturlements ZV6 ist die größte mögliche virtuelle Wegverlängerung für den hinsichtlich des SAR-Effekts wirksamen Summenstroms auf der zur Verfügung stehenden Platinenfläche bei gleicher vorgegebener, rechteckförmiger Außenkontur bereitgestellt.
- 10 Allgemein ausgedrückt kann also durch Faltungen eines dritten Korrekturlements innerhalb der Leiterplattenbestückungsfläche und/oder ggf. über die Leiterplattenoberseite, und/oder Leiterplattenunterseite der Stromweg auf der Leiterplatte selbst in kontrollierter Weise eingestellt werden. Durch eine
- 15 Mäanderform, d.h. durch eine Formgebung des Korrekturlements, bei dem sich jeweils ein Teilabschnitt mit Erstreckung in Längsrichtung der Leiterplatte mit jeweils einem Abschnitt quer, insbesondere orthogonal, zur Längserstreckung der Leiterplatte abwechselt, und dabei jeweils zwei solche aufeinanderfolgende Teilabschnitte einen von 0 verschiedenen Winkel zwischen sich einschließen, lässt sich die Länge des Korrekturlements in X-Richtung relativ kurz halten. Denn durch die
- 20 Zick-Zack-Form lässt sich für den elektrischen Strom gegenüber einem Korrekturlement mit geradliniger Streifenform mehr Lauflänge erzielen. Der maximal mögliche Stromweg auf der Leiterplatte LP von Figur 6 beginnt also im Bereich der Antenne AT1 und endet am freien Ende FE des Korrekturlements ZV6 nach Durchlaufen von dessen mäanderförmigen Windungen. Vorzugsweise ist dieses dritte Korrekturlement mit seinen
- 25 ein oder mehreren Faltungen in einer oder mehreren Schichtebenen angebracht, die innerhalb der von den Seitenrändern der Leiterplatte begrenzten Bestückungsebene liegen. Dabei kann das Korrekturlement auch mit Höhenabstand zur Bestückungsfläche der Leiterplatte angeordnet sein. Auf diese Weise
- 30 bleiben die ursprünglich vorgegebenen Abmessungen der Leiterplatte weitgehend erhalten, so dass sich für das Funkkom-
- 35

munikationsgerät eine kompakte, miniaturisierte Bauweise erreichen lässt.

5     Dadurch, dass an die Leiterplatte selbst galvanisch, kapazitiv und/oder induktiv mindestens ein Korrekturalelement als Abstimm-Mittel des Leiterplattenstroms angekoppelt ist, lässt sich ebenfalls die Amplitudenhöhe und/oder Phasenlage der elektrischen Ströme  $I_3$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  auf der Antenne AT1, der Leiterplatte LP, sowie dem ersten Korrekturalelement CE4 zueinander so einstellen, dass das jeweilige absolute Maximum der  
10     sich insgesamt aufgrund dieser Ströme  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  ergebenden SAR-Verteilung minimal wird.

15     Mit ein oder mehreren dieser verschiedenen Korrekturalelemente entsprechend den Figuren 1 mit 7 ist es somit ermöglicht, den SAR-Wert eines Funkkommunikationsgeräts bereits in der Entwicklungsphase zielgerichtet zu beeinflussen und zu reduzieren.

20     Umfangreiche Tests haben erfolgreich gezeigt, dass eine erste vorteilhafte Möglichkeit, den SAR-Wert zu reduzieren, darin besteht, eine oben auf der Leiterplatte bzw. PCB-Board (printed circuit board) kontaktierende stromleitfähige Korrekturschleife anzubringen, die teilweise oder ganz im wesentlichen entlang der Seitenränder der Leiterplatte verläuft. Bei dieser Variante kann der ursprünglich gegebene SAR-Wert gegenüber der Ausgangssituation ohne Korrekturalement um bis zu 75% reduziert werden.

30     Dieser Wert kann jedoch nicht mit beliebigen Korrekturschleifen erreicht werden, da in der Praxis eine Vielzahl von Einflußgrößen (wie z.B. vorgegebene Geometrieformen und Abmessungen von Antenne und Leiterplatte) in die SAR-Verteilung der Koppelstruktur von Leiterplatte und Antenne in unkontrollierbarer Weise mit eingehen können. Eine gezielte bzw. kontrollierte Minimierung des absoluten Maximums oder der Maxima  
35     der SAR-Verteilung durch eine einfache, einzelne Korrektur-

schleife kann also in der Praxis unter manchen Gegebenheiten erschwert sein. Eine Optimierung der SAR-Verteilung kann aber werkseitig mit Hilfe mindestens eines an dem ersten Korrektur-  
element und/oder an der Leiterplatte angekoppelten, zwei-  
5 ten Korrekturlements erreicht werden, das die Phasenlage und/oder Amplitudenhöhe der elektrischen Ströme auf der Antenne, der Leiterplatte und dem Korrekturlement zueinander so aufeinander abstimmt, dass das sich ergebende SAR-Feld im  
Körpergewebe möglichst vergleichmäßig ist. Es ist also eine  
10 weitere, optimierte Reduzierung des SAR-Effekts bewirkt, wenn zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des elektrischen Stroms auf dem ersten Korrekturlement und/oder Leiterplatte zusätzliche Abstimm-Mittel derart vorgesehen sind,  
dass der insgesamt resultierende, überlagerte Gesamtstrom-  
15 fluss auf der Leiterplatte, dem Korrekturlement und der Antenne ein in erster Näherung homogenes SAR-Feld über die Gesamtfläche der Leiterplatte betrachtet bewirkt.

Zusammenfassend betrachtet lässt sich eine optimale SAR-  
20 Verteilung bereits durch eine entsprechende Einstellung der ersten Korrekturschleife erreichen. Hierzu sind im wesentlichen zwei Maßnahmen zweckmäßig. Eine erste zweckmäßige Möglichkeit ist, die Länge der Schleife zu modifizieren. Dies führt zu einer anderen Phasenlage des Stroms auf der Korrekturschleife. Zusätzlich oder unabhängig hiervon lässt sich  
25 durch Längenveränderung auch die Amplitude des Stromes auf der Korrekturschleife verändern. Auf diese Weise lässt sich die örtliche Verteilung des Korrekturstroms auf der Korrekturschleife derart in Längsrichtung der Leiterplatte verschieben, dass dort der Gesamtstrompegel angehoben wird, wo  
30 zuvor der ursprüngliche Leiterplattenstrom kleiner als das ursprünglich vorhandene Maximum war. Durch die räumliche Neuverteilung des ursprünglichen Leiterplattenstroms von dessen absoluten Maxima weg in diejenigen Bereiche, die zuvor einen  
geringeren Strompegel hatten, wird eine gewisse Vergleichmäßi-  
35 gung erreicht. Bei der Verwendung einer derartigen einfachen Korrekturschleife ist jedoch deren maximale Länge durch

die Länge der Außen- bzw. Innenkante des Gehäuses des Funkkommunikationsgerätes und damit auch der mögliche Abstimmungsfaktor bzw. Tuningfaktor zum Vergleichmäßigen der Summenstromverteilung begrenzt.

5

Ist es notwendig, aufgrund der gegebenen Baugröße des Funkkommunikationsgeräts sowie sonst gegebenen, elektromagnetischen Koppelverhältnissen die Korrekturschleife zu verändern, insbesondere weiter zu verlängern, um eine weitere Optimie-

10

rung des SAR-Wertes zu erreichen, ist es zweckmäßig, die Schleife in bestimmten Teilbereichen mäanderförmig zu gestalten, wie dies z.B. in der Figur 1 dargestellt ist. Eine zweite Möglichkeit zur Verlängerung der Korrekturschleife unter Beibehaltung der ursprünglichen Längs- und Querabmessungen

15

der Koppelstruktur aus Leiterplatte und Antenne ist durch die parallele Ankopplung von mindestens einer sogenannten Patch-Struktur an das erste Korrekturelement gegeben. Dies ist in der Figur 2 veranschaulicht. Die dort dargestellten Patches innerhalb der Schleifenstruktur des ersten Korrekturelements

20

können gegebenenfalls auch kapazitiv oder induktiv angebunden sein. Auch dieses führt zu einer geänderten Stromverteilung auf der Schleife aufgrund veränderter kapazitiver Lastverhältnisse und damit zu einem geänderten SAR-Wert. Diese Patch-Struktur kann auch eine zu anderen Zwecken eingesetzte metallische Struktur sein, wie z.B. ein ESD-Schutzelement, das mit dem erstgenannten Korrekturelement zusammenwirkt. Diese weitere Variante ist in der Figur 5 dargestellt.

30

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des SAR-Verhaltens ist durch die zusätzliche Veränderung der Ströme auf der Leiterplatte durch eine virtuelle Verlängerung der Leiterplatte gegeben. Auch so lässt sich eine optimale Phasen- und Amplitudenlage zwischen den Strömen auf der Leiterplatte, Korrekturelement und Antenne erreichen.

35

Allgemein ausgedrückt ist also eine gezielte Kombinierung verschiedener Maßnahmen vorteilhaft, die für sich teilweise

bereits einen SAR-Wert- beeinflussenden Effekt zeigen, aber in ihrer Kombination zu einem signifikant besseren Ergebnis als einzeln führen. Dabei werden teilweise stark nicht lineare Superpositionseffekte der verschiedenen Maßnahmen zueinander gezielt ausgenutzt. Vorteilhafterweise kann dazu insbesondere ein erstes Korrekturlement in gezielter Weise trotz beschränkter Gerätegröße durch mäanderförmige Ausführung mechanisch und elektrisch verlängert werden. Zum anderen kann eine weitere Verbesserung durch die gezielte, gleichzeitige Nutzung von zwei unterschiedlichen Maßnahmen, nämlich Korrekturschleife und zusätzliche Patch-Elemente erreicht werden, die für sich genommen zwar bereits eine Einzelwirkung haben, gemeinsam aber eine weitaus höhere Wirksamkeit als die Summe der Einzeleffekte zeigen, und zwar dadurch, dass zusätzliche Patches (siehe Figur 2) die Stromverteilung in der ersten Korrekturschleife optimieren. Eine weitere zweckmäßige Kombinationsmöglichkeit ist, zusätzlich oder unabhängig von der Beeinflussung der Ströme in der Schleife die Ströme auf der Leiterplatte selbst durch mindestens ein weiteres Korrekturlement, wie z.B. ZV6 in Figur 6, gezielt zu verändern. Dies kann insbesondere eine virtuelle Leiterplattenverlängerung sein. Auch so lässt sich eine optimale Amplituden- und Phasenlage erreichen. Messungen bei einem konkreten Entwicklungsmodell für ein Funkkommunikationsgerät haben für den SAR-Wert beispielsweise folgende reduzierten Werte (in Prozent) bezogen auf ein Funkkommunikationsgerät ohne Schleife und ohne metallisches Display-Fenster (100% = Ausgangssituation) ergeben:

- Gerät mit erster Korrekturschleife ohne metallisches Display-Fenster als Abstimmelement: 86% (bezogen auf die Ausgangssituation)
- Funkkommunikationsgerät ohne erste Korrekturschleife mit metallischem Display-Fenster als zusätzlichem Abstimmelement: 66%
- Funkkommunikationsgerät mit erster Korrekturschleife und metallischem Display-Fenster als zusätzlichem Abstimmelement entsprechend Figur 5: 56%

## Patentansprüche

1. Funkkommunikationsgerät (MP) mit reduziertem SAR-Wert mit  
mindestens einer Leiterplatte (LP) und mit mindestens ei-  
ner daran angekoppelten Antenne (AT1) zum Abstrahlen  
und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrah-  
lungsfeldern,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens ein erstes zusätzliches, stromleitfähiges  
Korrekturelement (CE1) zur SAR-Wertreduzierung derart an  
die Leiterplatte (LP) angekoppelt und ausgebildet ist,  
dass die Amplitudenhöhe (IM1, NIM1) und/oder Phasenlage  
von elektrischen Strömen (I3, I1, I2) auf der Antenne  
(AT1), der Leiterplatte (LP), und dem Korrekturelement  
(CE1) zueinander so eingestellt sind, dass das Maximum  
der sich insgesamt aufgrund dieser Ströme (I1, I2, I3)  
resultierenden SAR-Verteilung ( $S(X,Y)$ ) im Körpergewebe  
eines Benutzers beim Tragen des Funkkommunikationsgeräts  
(MP) oder beim Einbringen des Funkkommunikationsgeräts  
(MP) zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbereich die-  
ses Benutzers minimal wird.
2. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zum Abstimmen der Phasenlage und/oder Amplitude des  
elektrischen Stroms (I2) auf dem ersten Korrekturelement  
(CE1) und/oder der Leiterplatte (LP) zusätzliche Abstimm-  
Mittel (TE1) derart vorgesehen sind, dass der resultie-  
rende, überlagerte Gesamtstromfluss ( $RSV(X)$ ) aus den e-  
lektrischen Strömen auf der Leiterplatte (LP), dem Kor-  
rekturelement und der Antenne (AT1) insgesamt eine weit-  
gehend homogene SAR-Verteilung ( $S(X,Y)$ ) über die Gesamt-  
fläche ( $L \cdot B$ ) der dem Benutzer zugewandten Seite der  
Leiterplatte (LP) betrachtet bewirkt.
3. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 1 oder  
2,

dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens ein zweites, stromleitfähiges Korrektur-  
element (TE1) als Abstimm-Mittel zur Abstimmung des  
Stromflusses ( $I2^*(X)$ ) auf dem ersten Korrektur-  
element (CE1) und/oder auf der Leiterplatte (LP) zusätzlich der-  
art vorgesehen ist, dass ein veränderter elektrischer  
Stromfluss ( $I2(X)$ ) auf dem ersten und/oder zweiten Kor-  
rektur-  
element (CE1, TE1) bewirkt ist, der weitgehend ge-  
genphasig zum Stromfluss ( $I1(X)$ ) auf der Leiterplatte  
(LP) verläuft, wodurch aufgrund des überlagerten Gesamt-  
stromflusses ( $RSV(X)$ ) auf der Leiterplatte (LP), dem ers-  
ten und/oder zweiten Korrektur-  
element (CE1, TE1), sowie  
der Antenne (AT1) zusammengenommen eine weitgehend homo-  
gene SAR-Verteilung ( $S(X,Y)$ ) über die Gesamtfläche ( $L \cdot B$ )  
der dem Benutzer zugewandten Seite der Leiterplatte (LP)  
betrachtet resultiert.

4. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 1 mit 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste Korrektur-  
element (CE1) mit der Masse (ERD)  
der Leiterplatte (LP) galvanisch verbunden ist.

5. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 1 mit 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste Korrektur-  
element (CE1) an die Leiterplatte  
(LP) kapazitiv oder induktiv angekoppelt ist.

6. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE1) mit dem ersten  
Korrektur-  
element (CE1) und/oder mit der Leiterplatte (LP)  
galvanisch verbunden ist.

7. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE3) kapazitiv oder in-

duktiv an das erste Korrekturlement (CE1) und/oder an die Leiterplatte (LP) gekoppelt ist.

8. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturlement (TE1) integraler Bestandteil des ersten Korrekturlements (CE1) und/oder der Leiterplatte (LP) ist.

9. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturlement (TE3) separat vom ersten Korrekturlement (CE1) und/oder separat von der Leiterplatte (LP) vorgesehen ist.

10. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Korrekturlement (CE1) als eine Schleife ausgebildet ist, die sich teilweise oder ganz im wesentlichen entlang der Seitenränder (SRL, SRO, SRR, SRU) der Leiterplatte (LP) erstreckt.

11. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schleife für das erste Korrekturlement (CE1) im wesentlichen rechteckförmig ausgebildet ist.

12. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Korrekturlement (TE1) als eine mäanderförmige Schleifenstruktur oder in Form von ein oder mehreren Flächenelementen (TE2) ausgebildet ist.

13. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 12,



dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste und/oder das zweite Korrektur-  
element (CE1, TE1) jeweils in einem vorgebbaren Höhenabstand (HA) zur  
Leiterplatte (LP) angeordnet sind.

5

14. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit  
13,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das erste und das zweite Korrektur-  
element (CE1, TE1)  
im wesentlichen in derselben Lageebene positioniert sind.

10

15. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit  
13,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE4) in einer Lageebene  
angebracht ist, die von der Lageebene des ersten Korrektur-  
elements (CE4) verschieden ist.

15

16. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit  
15,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE3) durch ein ESD-  
Schutzelement (ESD= electrostatic discharge), insbesonde-  
re durch ein metallisches Display-Fenster, gebildet ist.

20

25

17. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit  
16,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE1) im wesentlichen  
orthogonal zur Längserstreckung (L) des ersten Korrektur-  
elements (CE1) verläuft.

30

18. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit  
17,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das zweite Korrektur-  
element (TE1) derart bezüglich  
der Leiterplatte (LP), der Antenne (AT1), und/oder dem

35

ersten Korrekturlement (CE1) positioniert und dimensioniert ist, dass sich die minimale, resultierende SAR-Verteilung etwa bei der Resonanzfrequenz im Funkbetrieb der Antenne (AT1) ergibt.

5

19. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 18,

dadurch gekennzeichnet,

10

dass das zweite Korrekturlement (TE1) derart dimensioniert ist, dass die von ihm fiktiv eingeschlossene Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP) höchstens dem 0,2 bis 0,5 -fachen des vom ersten Korrekturlement (CE1) fiktiv eingefassten Teils der Leiterplattenfläche (L B) entspricht.

15

20. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 3 mit 19,

dadurch gekennzeichnet,

20

dass das erste und/oder zweite Korrekturlement (CE1, TE1) im Höhenabstand (HA) zwischen 0,1 und 0,6 cm von der Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP) entfernt angeordnet sind.

21. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass an der Leiterplatte (LP) mindestens ein drittes zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturlement (ZV6) derart als Abstimm-Mittel angekoppelt und ausgebildet ist,

30

dass für einen auf der Leiterplatte (LP) etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne (AT1) hervorgerufenen elektrischen Strom (I1) eine gezielte, fiktive Stromwegverlängerung unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der ursprünglich vorgegebenen Längs- und Querabmessungen der Leiterplatte (LP) bewirkt ist.

35

22. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das dritte Korrekturelement (ZV6) im Bereich desje-  
nigen stirnseitigen Endes der Leiterplatte (LP) ange-  
bracht ist, das dem stirnseitigen Ende der Leiterplatte  
5 (LP) mit dem Ankoppelbereich der Antenne (AT1) gegenüber-  
liegt.
23. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 21 oder  
10 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das dritte Korrekturelement (ZV6) mäanderförmig aus-  
gebildet ist.
- 15 24. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturelement (CE1,  
TE1) derjenigen Bestückungsfläche der Leiterplatte (LP)  
20 zugeordnet ist, die beim Tragen des Funkkommunikationsge-  
räts am Körper und/oder beim Einbringen des Funkkommuni-  
kationsgeräts zum Sprechen und/oder Hören in den Kopfbe-  
reich des jeweiligen Benutzers diesem zugewandt ist.
- 25 25. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das jeweilige Korrekturelement (CE1, TE1) auf der  
der Antenne (AT1) gegenüberliegenden Bestückungsseite der  
30 Leiterplatte (LP) angeordnet ist.
26. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
35 dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturelement (CE1,  
TE1) derart positioniert ist, dass seine gedachte ortho-  
gonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsflä-

che der Leiterplatte (LP) im wesentlichen innerhalb einer durch deren Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) aufgespannten Begrenzungsfläche liegt.

- 5 27. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das jeweilige, zusätzliche Korrekturlement (CE1,  
TE1) in einem Raumbereich innerhalb, und/oder oberhalb,  
und/oder unterhalb, und/oder seitlich an der durch die  
10 Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) der Leiterplatte (LP)  
aufgespannten Begrenzungsfläche als mindestens eine wei-  
tere Schicht angeordnet ist.
- 15 28. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass für das jeweilige Korrekturlement (CE1) ein elekt-  
risch leitfähiges Material, dielektrisches Material,  
und/oder magnetisch leitfähiges Material verwendet ist.
- 20 29. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das jeweilige Korrekturlement (CE1, TE1) durch ein  
oder mehrere drahtförmige Elemente, mindestens eine ein-  
oder mehrlagige, elektrisch leitfähige Folie, Beschich-  
tung, und/oder durch ein sonstiges linienförmiges oder  
flächiges Element gebildet ist.
- 30 30. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens ein Korrekturlement (CE1) durch mindes-  
tens eine Beschichtungslage in der Unter- und/oder Ober-  
35 schale des Gehäuses (GH) des Funkkommunikationsgeräts ge-  
bildet ist.

31. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens ein Korrekturelement (CE1) in Stanz-  
5 /Biegetechnik gefertigt und in einem vorgebbaren Höhenab-  
stand (HA) über der Bestückungsfläche der Leiterplatte  
(LP) angeordnet ist.
32. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
10 sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Leiterplatte (LP) im wesentlichen rechteckförmig  
ausgebildet ist.
33. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden An-  
15 sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Antenne (AT1) als  $\lambda/4$ -Antenne oder PIFA (Planar  
Inverted F)-Antenne ausgebildet ist, die zusammen mit der  
20 Leiterplatte (LP) einen Strahlungsdipol bildet.
34. Leiterplatte (LP) mit mindestens einem zusätzlichen, SAR-  
Wert reduzierenden Korrekturelement für ein Funkkommuni-  
kationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

## Zusammenfassung

### Funkkommunikationsgerät mit reduziertem SAR-Wert

5 Zur SAR-Wertreduzierung ist in einem Funkkommunikationsgerät (MP) mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrektur-  
element (CE1) derart bezüglich Leiterplatte (LP) und Antenne  
(AT1) angekoppelt und ausgebildet, dass die Amplitudenhöhe  
(IM1, NIM1) und/oder Phasenlage von elektrischen Strömen (I3,  
10 I1, I2) auf der Antenne (AT1), der Leiterplatte (LP), und dem  
Korrekturelement (CE1) zueinander so eingestellt sind, dass  
die sich aufgrund dieser Ströme resultierende SAR-Verteilung  
minimal wird.

15 Figur 1

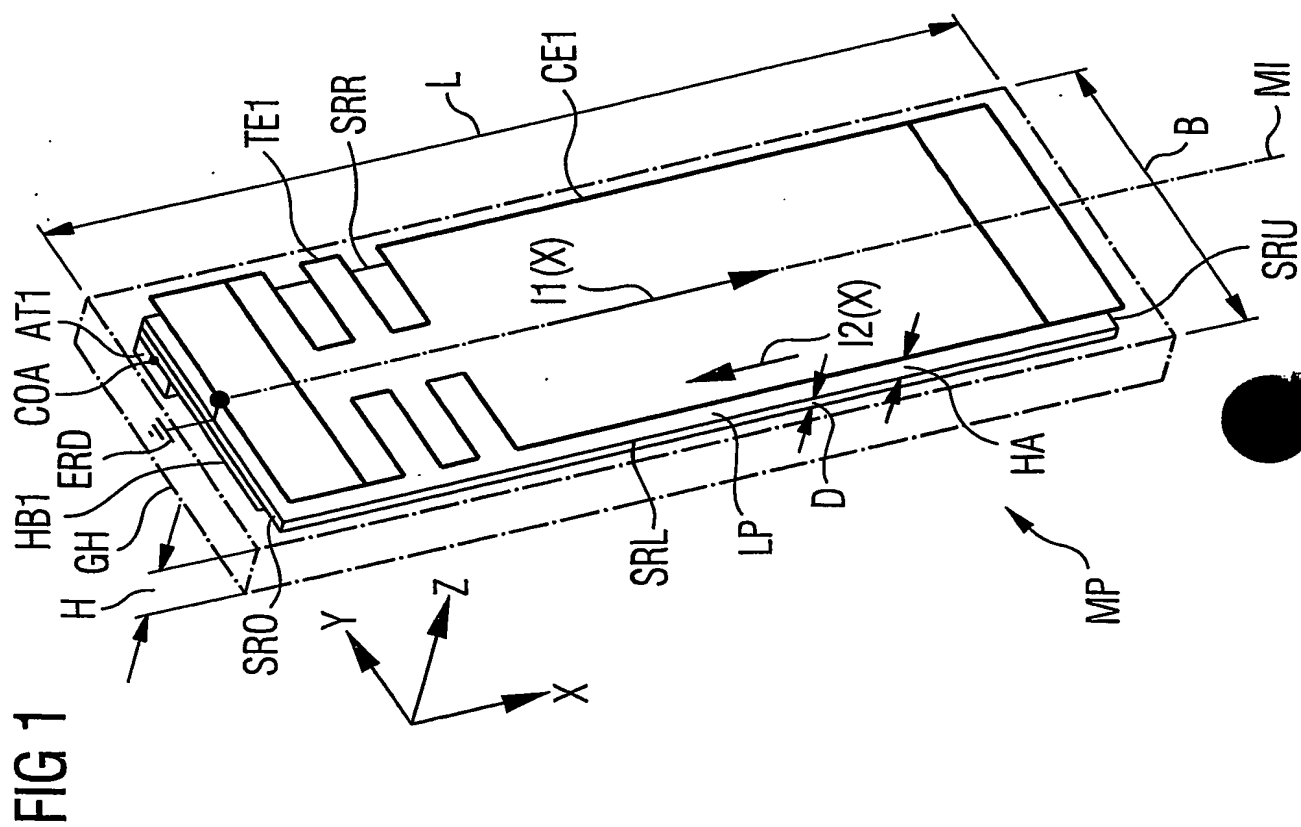
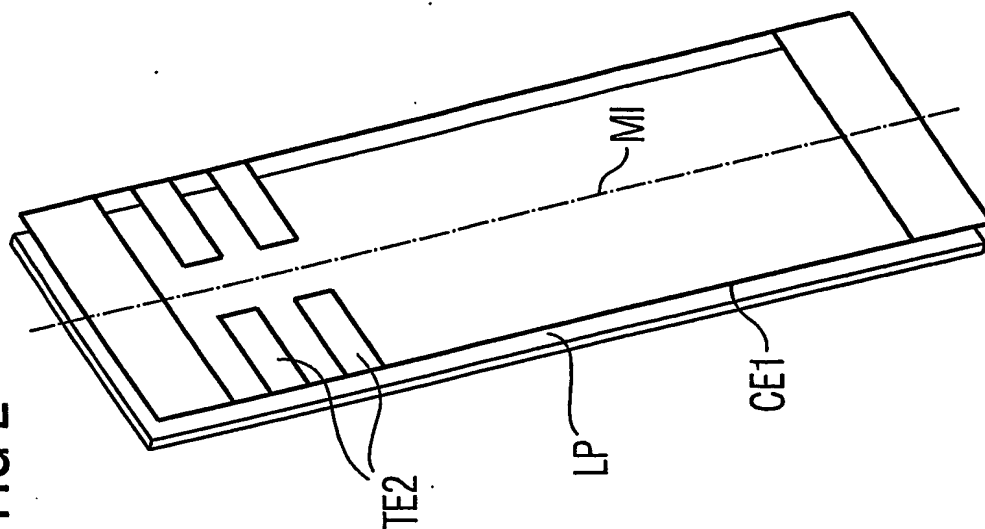
**FIG 2**

FIG 3

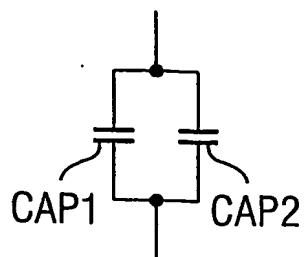


FIG 4

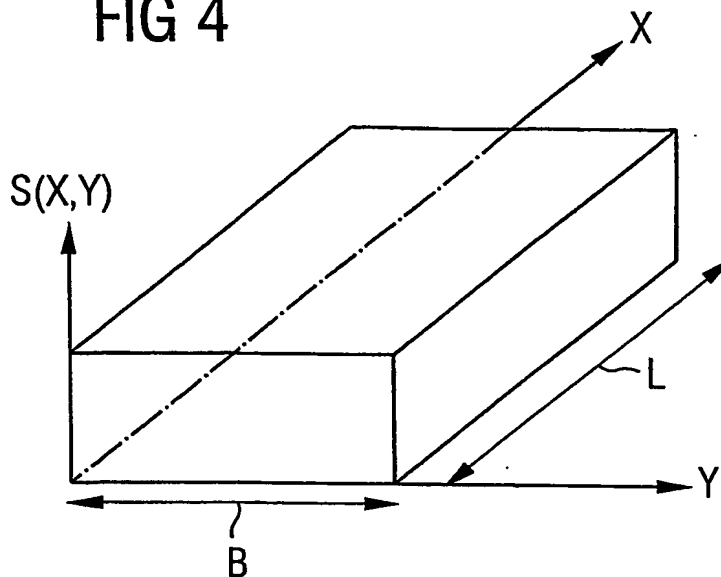


FIG 5

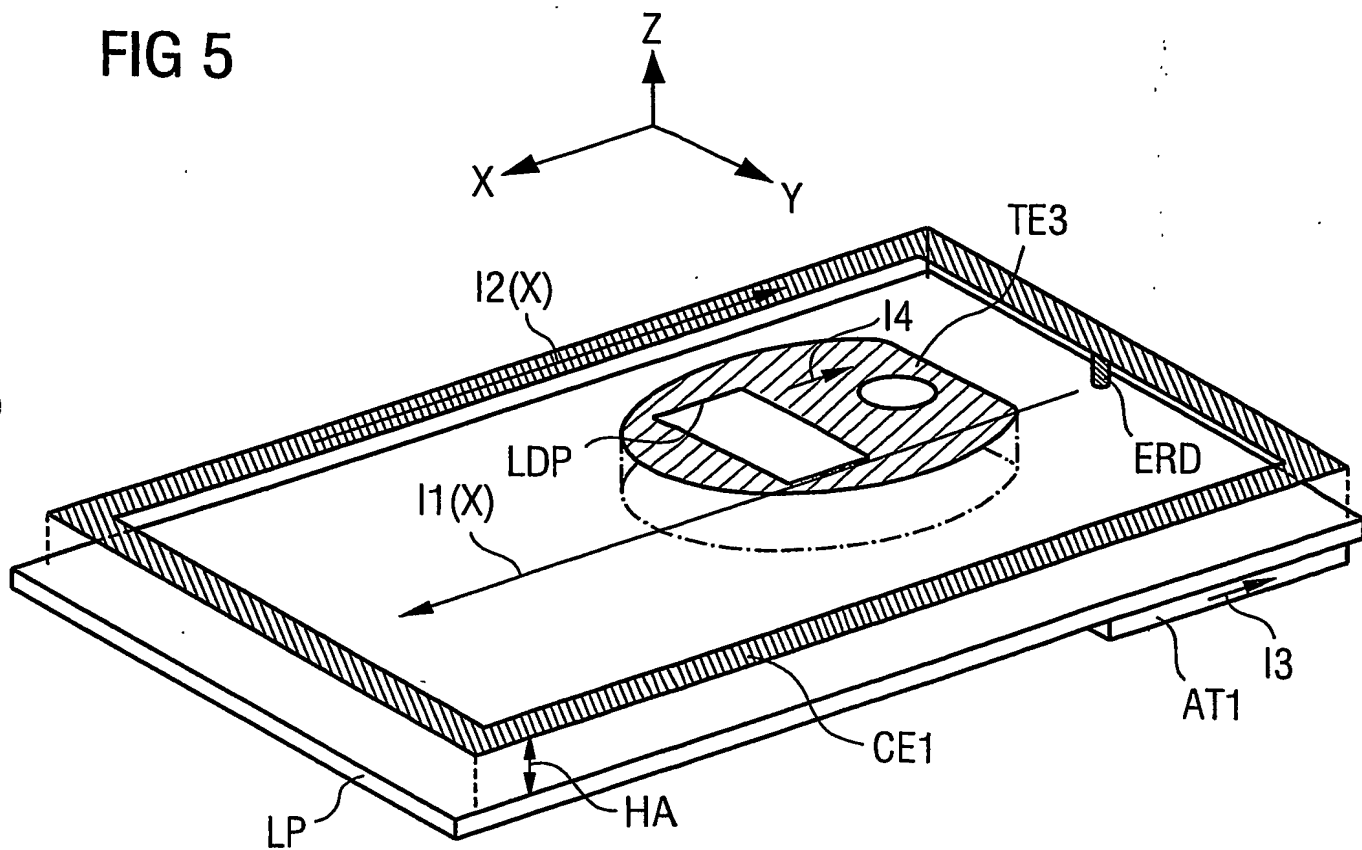




FIG 6

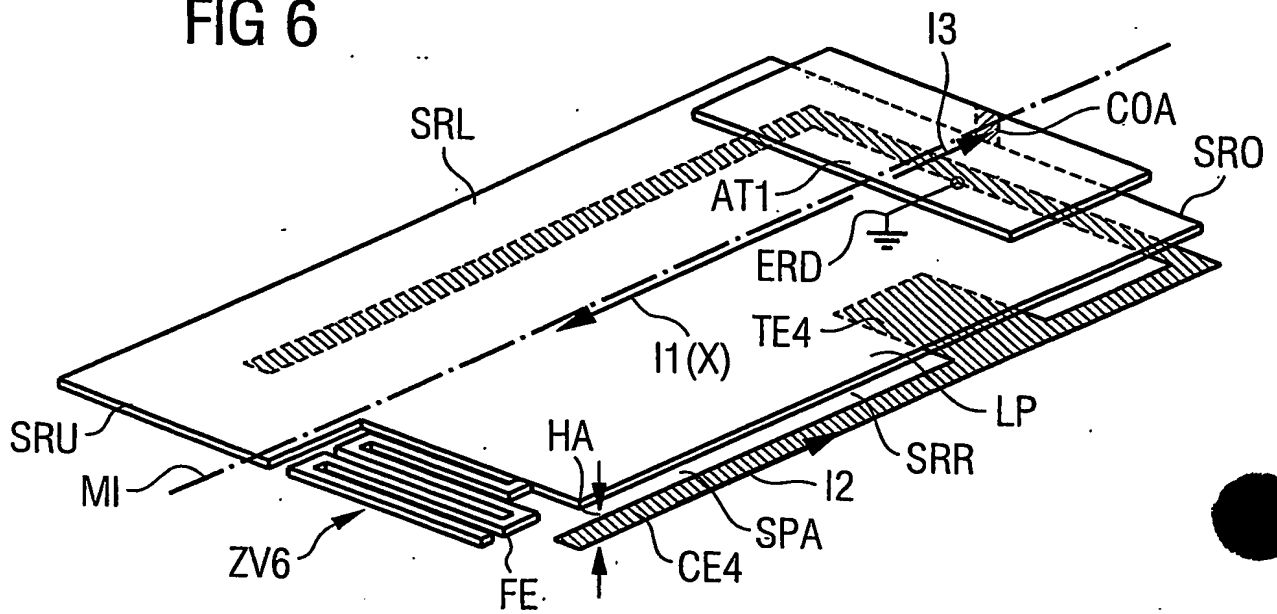


FIG 7

